EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE MASCHINELLE AUFBEREITUNG DES WURZELKANALS MITTELS KERR-BOHRERN

Hilde Bach

1965

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN

AUS DER KONSERVIERENDEN ABTEILUNG
(Vorstand Professor Dr. Dr. M. Schug-Kösters)
DER KLINIK FÜR ZAHN-, MUND- UND KIEFERKRANKHEITEN
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Professor Dr. Dr. Joseph Heiss

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE MASCHINELLE AUFBEREITUNG DES WURZELKANALS MITTELS KERR-BOHRERN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Hilde Bach

aus München

München 1965

G. Bauknecht, Dissertations-Druckerei, 8 München 8, Zeppelinstr. 79, Tel. 458195

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Doz. Dr.Dr. W. KETTERL
Mitberichterstatter: Professor Dr.Dr. SCHUG-KÖSTERS
Dekan: Professor Dr. R. ZENKER

Tag der mündlichen Prüfung: 5.10.1965

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	PROBLEMSTELLUNG	5
II.	ZUSAMMENSTELLUNG DER EINSCHLÄGIGEN LITERATUR	6
III.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	
	a) Durchführung der Versuche	14
	b) Einzeldarstellung	15
	c) Auswertung	29
	d) spezielle Darstellung der Instrumentenfrakturen	34
IV.	KRITISCHE BETRACHTUNGEN	38
V.	ZUSAMMENFASSUNG	40
	LITERATURVERZEICHNIS	41

I PROBLEMSTELLUNG

Die Behandlung der erkrankten Pulpa, bei erhaltungswürdigem Zahn, stellt eine recht zeitraubende und auch schwierige Mikrooperation dar, die an das Fingerspitzengefühl und die Sorgfalt des Zahnarztes hohe Anforderungen stellt. Es waren daher schon seit langer Zeit immer wieder Bestrebungen vorhanden, die Sitzungen zu vereinfachen (Systematik), die Arbeitszeit zu verkürzen und die Behandlung für den Patienten angenehmer, aber auch gefahrloser zu gestalten.

Soll eine Wurzelbehandlung gelingen, so ist das Entscheidende die gründliche mechanische Aufbereitung des Wurzelkanals und die (möglichst) völlige Entfernung des erkrankten Pulpengewebes. Der natürliche Kanal soll hierbei in einen Hohltrichter umgeformt werden, um eine einwandfreie Füllung mit hermetisch dichtem Abschluß durchführen zu können.

Für die Kanalaufbereitung gibt es eine Vielzahl verschiedener Instrumente, die zum Teil wie Bohrer, zum Teil wie Feilen oder Raspeln wirken.

Wenn auch die altbewährten Handinstrumente nach allgemeiner Ansicht eine sicherere und zuverlässigere Arbeit gestatten, als die Maschineninstrumente, so ist die Aufbereitung mit ihnen doch mühsam und zeitraubend und erfordert viel Geduld. Es werden daher immer wieder Vorschläge gemacht, die manuelle Aufbereitung durch Benützung von Maschineninstrumenten zu erleichtern und gar zu ersetzen.

Selbstverständlich sind auch hierbei die aseptischen Kautelen zu wahren und die Sicherheit des Patienten in den Vordergrund zu stellen; Im Winkel- bzw. Handstück eingespannte Instrumente können nicht aspiriert werden; andererseits können mit der Hand betriebene Instrumente selten frakturieren oder gar eine Fausse route setzen, wenn der Behandler die Technik der Exstirpation, Aufbereitung und Abfüllung einigermaßen beherrscht, ältere (brüchige) Instrumente aussortiert und nicht mit grober Gewalt ans Werk geht.

II ZUSAMMENSTELLUNG DER EINSCHLÄGIGEN LITERATUR

Mit der maschinellen Kanalaufbereitung Erfahrungen zu sammeln, speziell unter der Verwendung rotierender Instrumente, der Kerr-Nervkanal-Bohrer, ist meine Aufgabe. Ein experimenteller Vergleich mit axial arbeitenden Kleininstrumenten nach der Methode von Binder oder Schnur wurde nicht angestellt.

Außer den von mir verwendeten Kerr-Bohrern kommen noch folgende rotierende Instrumente für den maschinellen Betrieb in Betracht:

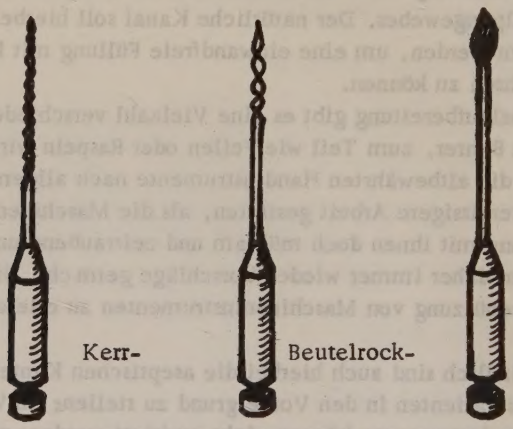


Abb. 1 Kerr- Beutelrock- Gates-Bohrer u. a.

Nach Rebel (14) bieten die Beutelrockbohrer und die Gleitbohrer nach Gates, die als Fräsen gelten, zwar ein Maximum an Kanalreinigung, sind aber nur bei gut gängigen Kanälen anzuwenden. Sie dürfen niemals klemmen, sonst kommt es unweigerlich zur Fraktur der Instrumente. Sie sollen die Kanäle nur ausfräsen, erweitern. Diese Bohrer sind in ungeübten Händen geradezu gefährliche Instrumente und sie werden dementsprechend überall schlecht beurteilt.

Da diese Bohrer niemals einer Wurzelkanalbiegung folgen können, bleiben sie auf nur wenige Zähne beschränkt. Da sie sich sehr leicht festrotieren, verklemmen und dann abbrechen, kann man sie erst einsetzen, wenn die Kanäle bereits mit anderen Kanalräumern schachtartig erweitert worden sind. Die Kanalwände sollen dann durch sie nur noch geglättet und eventuell von Gewebsresten und Auflagerungen befreit werden.

Die Kerr-Bohrer können ohne Vorsondieren oder -aufbereiten mit Handinstrumenten verwendet werden. Der Kanalräumer hat hierbei verschiedene Aufgaben zu erfüllen, die nach Tschamer (19) als folgende definiert werden:

Nach der Exstirpation folgt die Reinigung, d.h. Entfernung von

a) Gewebsresten bzw. Detritusmassen;
b) anorganischen Auflagerungen an den Kanalwänden, die den Keimen als Schlupfwinkel dienen;
c) Sekundärdentin, das nach bakteriologischen Untersuchungen in entsprechenden Fällen als stark infiziert gelten muß;
d) sogenannten hoch- oder niedrigstehenden Dentikeln (nach Euler), die ein mechanisches Hindernis bei der Ausschachtung darstellen und durch Spalt- und Nischenbildung Keimen als Retentionsstellen dienen.

Das rotierende Kerr-Instrument soll sich wie ein Bohrer infolge seiner Eigenumdrehung im Wurzelkanal hocharbeiten. Dabei ist jegliche Unterstützung mittels Druck oder einer höheren Umdrehungszahl als 300 Umdrehungen pro Minute zu vermeiden, da es sonst zur Fraktur des Instruments, bzw. zur Fausse route kommt.

Kommt es nämlich zur Fraktur oder Fausse route, so wird man die durch das maschinelle Aufbereiten eingesparte Zeit für die Behebung des Schadens verwenden müssen. Welche Maßnahmen hat nun der Zahnarzt nach erfolgtem Bruch eines Kanalinstrumentes zu ergreifen ?

Fraktur

Man muß das Bruchstück wieder aus dem Kanal entfernen. Dieses darf keineswegs belassen werden, oder der Versuch unternommen, es mit einem neuen Bohrer zu passieren, wobei es nämlich über den Apex hinaustransportiert werden könnte. Hier gilt die Ansicht von E. Lautenbach (8): "Neuere Untersuchungen über Auswirkungen frakturierter Wurzelkanalinstrumente lassen den bisherigen Standpunkt beharrlich bestehen, daß nämlich in jedem Falle solche Instrumentenreste zu entfernen sind. Die Meinung, sterile frakturierte Instrumente könne man belassen, ist nicht aufrecht zu erhalten, da die Sterilität als solche sehr in Frage gestellt ist. Mit der Zeit können sich im Wurzelkanal "tote Räume" manifestieren und eine Herderkrankung als wahrscheinlich entstehen lassen."

Perforation

Bei meinen Versuchen an den extrahierten Zähnen ergaben sich unter den sogenannten Mißerfolgen nicht nur Instrumentenfrakturen, sondern auch Fausses routes mit Perforation. Deshalb sei hier noch ein Abschnitt aus Wannemachers Lehrbuch (21) erwähnt.

1. Extraalveoläre Perforationen treten vornehmlich bei Ausräumung des Pulpencavums und beim Suchen der Wurzelkanaleingänge ein. Die Feststellung solcher Perforationen ist durch folgendes möglich: plötzliche Empfindlichkeit, Blutung, beim Sondieren stechender Schmerz.

(Es folgen nun die Therapievorschläge.) Die Prognose ist bei richtiger Versorgung gut.

2. Intraalveoläre Perforationen sind deswegen kompliziert, weil immer eine Verletzung der parodontalen Gewebe (Periodontium und Knochen) vorhanden ist. Am häufigsten liegen die Perforationen in der Bifurkation mehrwurzeliger Zähne und entstehen infolge Verwechselung von Kavumdach und -boden und beim Suchen der Wurzelkanaleingänge an falscher Stelle. Die falschen Wege im Wurzelkanal sind durch Vernachlässigung des Wurzelverlaufs, besonders bei gekrümmten oder verschmolzenen Wurzeln bedingt. Symptome sind Blutung, plötzlicher Schmerz auf Berührung, nach einiger Zeit Klopfempfindlichkeit des Zahnes. Zur Sicherung der Diagnose ist eine Röntgenaufnahme mit eingelegter Nadel angezeigt. Als Therapie wird folgendes angegeben:
Es wird mit Chlorpercha und Guttapercha abgefüllt. Bei labialer Perforation wird aufgeklappt (!) und die Perforation mit Silberamalgam versorgt. Die Perforation im apikalen Drittel der Wurzel wird mittels Wurzelspitzenresektion versorgt.
Die Prognose ist bei richtiger Versorgung ebenfalls gut. "Der größte Fehler, der auch unbedingt zum Verlust des Zahnes führt, ist darin zu sehen, daß eine Perforation unversorgt bleibt. In forensischer Hinsicht werden solche unversorgten Perforationen oft zum Nachteil des behandelnden Zahnarztes gewertet werden müssen."

Und weiter ist er der Meinung: Regelrechte Bohrer, wie nach Beutelrock, Kerr, Gates, Drux usw. versprechen wohl einen schnellen Erfolg, sie sind aber auch bedenklich, da nur zu häufig mit ihnen Perforationen gesetzt werden. Mindestens der Unerfahrene sollte auf diese gefährlichen Instrumente verzichten.

Als ein weiteres Bedenken gegen die maschinelle Aufbereitung wäre noch einzuwenden, daß es unmöglich ist, die verschiedensten Ramifikationen, die von W. Meyer (12) dargestellt wurden, zu erfassen. Allerdings kann man die vielen Verzweigungen mittels Handbetrieb genauso wenig bearbeiten, dies ist ein Problem der Wurzelbehandlung überhaupt.
(10)

1. Der Wurzelkanal ist nicht schlicht gerade, sondern mit der Wurzel insgesamt nach distal gekrümmt; in seinem apikalen Ende weicht er noch von dieser allgemeinen Richtung seiner Längsachse meistens nach distal oder nach disto-oral ab.

2. Das Foramen apikale sitzt in den meisten Fällen nicht an der Spitze der Wurzel, sondern abseits, meistens in der distalen oder disto-oralen Seitenwand des Spitzenkegels.

3. Das Foramen apikale ist nicht ein parallelwandiger Rohrstutzen, sondern ein zum Periodontium sich öffnender Trichter.

Abb. 2

4. Die allgemeine Gestalt des Kanals ist nicht einförmig rund, sondern in bestimmten einwurzeligen Zähnen und in bestimmten Wurzeln der Molaren stereotyp in mesio-distaler Richtung flach gedrückt oder darüber hinaus unterteilt zu zwei oder mehr Kanälen. Außerdem kommen oft andere bizarre Querschnittsbilder vor.
5. Das Ende des Wurzelkanals ist nicht etwa regelmäßig ein solitäres Foramen, vielmehr in über 70 % aller Fälle sind im Apexgebiet Seitenkanälchen, Ramifikationen des Hauptkanals vorhanden. Auch gibt es häufig in der Gegend der Bifurkation der Molaren Kanälchen, die hier zwischen der Pulpa und dem Periodontium kommunizieren.
6. Alle Foramina, gleichgültig, ob sie sich im Apex, in der Seitenwand der Apex-Region oder im Gebiet der Bifurkation befinden, liegen im Zement, das nach allen Seiten bakteriendurchgängig ist.

(11) Außer den zu Wurzelhaut durchgehenden Kanälchen gibt es viele Verzweigungen des Wurzelkanals, die im Dentin blind enden. Die Zahl der Verzweigungen des Wurzelkanals überhaupt, der zur Wurzelhaut durchgehenden und er blind endenden, variiert sehr stark. Die meisten durchgehenden Seitenkanälchen fanden wir an einem oberen Eckzahn (23), die meisten blinden Enden in einem oberen zweiten Praemolaren (24).

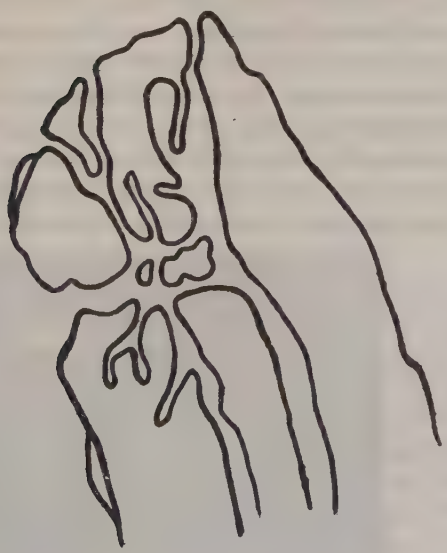


Abb. 3 nach G. Fischer:
(3) Die reiche Verzweigung der apikalen Wurzelpulpa bei einem oberen Praemolaren eines Erwachsenen-Zahnes (35 Jahre)

G. Fischer (4) empfiehlt in solchen Fällen immer eine Resektion der Wurzelspitze vorzunehmen, da eine befriedigende Exstirpation unmöglich ist.

(9) Die Frage des Wurzelkanalnetzes wurde seit Preiswerk (13) (1906) von vielen Autoren behandelt, von Hess 1917 (5), Lenhossek 1922 und Richter 1930 gründlich bearbeitet. W. Meyer hat in seinen Modellexperimenten dieses Wissen sinnvoll rekapituliert.
Hier möchte ich noch eine Eigentümlichkeit erwähnen, die der Behandler am oberen seitlichen Schneidezahn eines Kollegen fand. Der Zahn mußte wurzelbehandelt werden, weil er, obwohl nirgends eine Spur von Karies oder parodontaler Insuffizienz zu finden war, sich als devital erwies und am Apex eine röntgenologische Verschattung zeigte. Laut Röntgenbild hatte dieser Zahn eine normal lange Wurzel, von der in Höhe des Alveolarseptums palatinal ein zweites Würzelchen abzweigte, spiralig gebogen war und etwa 3 mm vor der Höhe des Hauptapex endete; wahrscheinlich blind, denn man konnte bei der Aufbereitung dieses Gebilde nicht erfassen und nur den Hauptkanal abfüllen.

Zur Abgrenzung des Themas gegenüber den Methoden nach Binder und Schnur, die die lineare und die axiale Kanalaufbereitung eingeführt haben, ist folgendes zu sagen:

Bei allen Autoren, die sich mit dem Vergleich der rotierenden und der axialen Aufbereitung beschäftigen, erzielt die letztere die besseren Ergebnisse, besonders, was die Bearbeitung stärker gekrümmter Kanäle der Seitenzähne anbelangt. Die bei den Rotationsinstrumenten so große Gefahr des Torsionsbruches infolge Druckanwendung bei starker Wurzelkrümmung und die Möglichkeit der Bildung einer Fausse route sollen wegfallen.

Schnur hat hierzu das Vibrationsfeilstück und Binder den Racerfeilkopf konstruiert. Binder (1) selbst beschreibt sein Verfahren wie folgt:

Ein Excenter treibt den Feilkopf, der die rotierende Bewegung in eine kurze Auf- und Abbewegung umwandelt. Das Winkelstück besitzt einen Auflageraster, den sogenannten Schuh, der die Einhaltung der erforderlichen Arbeitshöhe garantiert und ein Hinausstoßen über den Apex verhindert. Der Racerfeilkopf kann auf jedes handelsübliche Winkelstück aufgeschraubt werden. Mittels Meßsonde wird nach Anfertigung eines Röntgenbildes (Meßaufnahme) die für die Aufbereitung des Kanals entsprechend lange Feile ausgewählt und in den Feilkopf eingespannt. Dieses Verfahren wurde neuerdings dahin verbessert, daß man die gemessene Länge auf die Instrumente im Racerfeilkopf durch Verstellen der Anschlagplatte überträgt. Somit können auch die handelsüblichen Instrumente verwendet werden. Die Feile reicht soweit, wie die Meßsonde in den Kanal eindringen konnte. Es ist also eine Erweiterung nur nach der Breite, nicht aber nach der Tiefe möglich, so daß ein Überschreiten

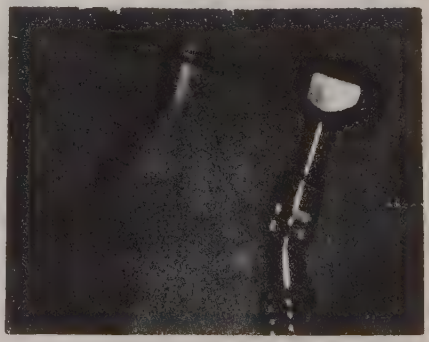


Abb. 4 aus Strasser (18)

des Apex mit allen unangenehmen Folgen vermieden wird. Man führt die in den Racer festgeklemmte Nadel in den Kanal ein und läßt bei festem Aufliegen des Schuhs auf dem höchsten Punkt des Zahnes die Maschine mit einer mittleren Tourenzahl laufen.

Besonders betont Binder noch, daß "gekrümmte Kanäle nie durch rotierendes Instrument, sondern nur durch ein axial arbeitendes völlig gefahrlos und schnell aufbereitet werden können."
Zur Wurzelfüllung, die nach der Aufbereitung des Kanals sofort erfolgt, wird die Wurzelfüllmasse Renium empfohlen, die, "aus gleichen Teilen Pulver und Flüssigkeit gemischt, leicht in den Kanal eingeführt werden kann und durch die Beimischung eines sogenannten Treibers bei der Abhärtung gering expandiert, so daß ein guter Verschluß bei erwiesener Form konstant gesichert ist". Im einzelnen wird dann die Durchführung des Verfahrens bei der Vitalexstirpation unter Anaesthesie, die Anfertigung der Röntgen-Meßaufnahme und die Behandlung bei vorliegender Gangrän beschrieben.

Eine Anmerkung der Redaktion der Quintessenz (18) äußert sich allerdings nicht sehr optimistisch gegenüber Binders Kanalaufbereitung: "Wir möchten .... darauf aufmerksam machen, daß die Instrumente mit ebenso großer, wenn nicht noch größerer Vorsicht angewendet werden müssen, wie die Beutelrockbohrer und andere maschinell getriebene, rotierende Instrumente.
Infolge der heftigen Schwingungen des Racer-Kopfes besteht auch bei niedrigsten Tourenzahlen eine relativ große Bruchgefahr feiner Kanalinstrumente."

J. Schnur (16) hat eine etwas kompliziertere Methode entwickelt, es wird vorher mit der Hand aufbereitet:
"Um bis zur erforderlichen Wurzelfüllungshöhe den Kanal aufbereiten zu können, wenden wir den manuellen und zur Ausschachtung den maschinell-feilenden Arbeitsgang an. Mit dem maschinell-feilenden Arbeitsgang wird erst begonnen, wenn man manuell den Kanal bis zur erforderlichen Höhe aufbereitet hat. Sowohl bei der manuellen wie bei der maschinellen Ausschachtung mit dem Vibrationsfeilkopf kann man alle gebräuchlichen Kanalinstrumente von Nummer 0 bis 6 verwenden. Diese können sich bei axialer Bewegung der Biegung des Kanals anpassen, während bei rotierender Bewegung es oft zu einem Abbrechen der Kanalinstrumente kommen kann. Als Hilfsmittel für die Längeneinstellung benützen wir den Meßring nach Zipperer."

Auch hier treibt ein Excenter einen Feilstock, wodurch die rotierende Bewegung in eine Axialbewegung umgewandelt wird.
Von neutraler Seite wurde Schnurs Verfahren geprüft und Magda Hunkirchen darüber: (6)

Wir fanden, daß das Funktionsende des Vibrationsfeilwinkelstückes (von Schnur) genügend elastisch, feinfühlig und bruchsicher ist und ein schnelleres Ausschachten der Kanäle ermöglicht, als es mit Handinstrumenten zu erreichen ist. Infolge der festen Verschraubung der Feilen im Winkelstück ist auch im Molarengebiet ein sicheres Arbeiten möglich und ein Sicherheitskettchen überflüssig. Von

sensiblen Patienten wird die Vibration als unangenehm empfunden und bei periodontotischen Zähnen ist das maschinelle Ausschachten unmöglich. Bei stärker abgekrümmten Wurzeln kann das Feilwinkelstück nur beschränkt verwendet werden. Stufenbildung in den Kanälen kann nur mit Handinstrumenten vermieden werden. -

Ein weiterer Nachteil beider Methoden, sowohl von Binder, als auch von Schnur, besteht darin, daß die Instrumente keine Skalaeinteilung besitzen.

E. Ring (15) stellte vergleichende Versuche an Phantomzähnen und am Patienten dar und beurteilt die axiale Aufbereitung recht positiv: Er kommt zu dem Ergebnis, daß die maschinelle Aufbereitung auf Grund seiner guten Ergebnisse am Patienten allgemein zu vertreten sei, möchte jedoch die rotierenden Instrumente nur auf die Frontzähne mit gerade verlaufenden Wurzelkanälen beschränkt wissen, da sie im Seitenzahngebiet gegenüber den axial arbeitenden schlechter abschnitten. Die Methode Binder/Schnur könne dem Praktiker ohne Bedenken empfohlen werden. Wörtlich meint er zu Abschluß: "In kürzerer Behandlungszeit lassen sich bessere Wurzelfüllungen, vor allem im Seitenzahngebiet, erzielen, so daß die Erfolgsquote für wurzelbehandelte Zähne ansteigen wird. Die im Winkelstück eingespannten Kleininstrumente geben die Gewähr für die größte Sicherheit vor Aspiration und für die Einhaltung der aseptischen Kautelen und erreichen ein angenehmes und ästhetisches Arbeiten zum Wohl des Arztes und des Patienten."

Die Meinungen sind also geteilt. Für sehr wichtig jedoch halte ich die Bedenken, die G. Lange (7) anmeldet:
(Es handelt sich um die lineare Aufbereitung)

1. Nur Kanäle, die bereits für die feinste Nummer der Feilen durchgängig sind, können so aufbereitet werden. Das Aufbereiten undurchgängiger Kanäle ist unmöglich.
2. Es besteht die Gefahr, daß Kanalinhalt (zum Beispiel gangränöses Material)
   a) bei weitem Kanal
      in die periapikalen Gewebe gelangt und dort eine Reizung und Infektion verursacht;
   b) bei undurchgängigem Kanal
      in die Ramifikationen gepreßt wird. Die Folge ist ebenfalls eine Veränderung im apikalen Parodontium.
3. Bei höherer Drehzahl nimmt die Vibration des Winkelstückes wegen der Trägheit der Masse ab, gleichlaufend damit der Wirkungsgrad der Feile.
4. Das Instrument begradigt allzu gebogene Kanäle etwas; dadurch besteht die Gefahr einer Stufe.

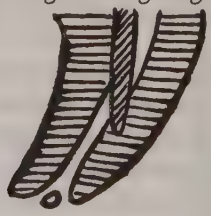


Abb. 5

5. Der Winkelstückkopf muß auf der Okklusionsfläche fest aufgepreßt werden. Dies ist bei geringer Auflagefläche unmöglich.

Meine Untersuchungen sollen nun über die maschinelle Aufbereitung mittels Kerr-Nervkanalbohrern unterrichten. In keinem Kanal wurde vorher sondiert oder mit Hilfe von Handinstrumenten vorgearbeitet. Kann man diese Methode für die Patientenbehandlung empfehlen oder ist sie zu unsicher und unrentabel ?

a) Durchführung der Versuche:

Extrahierte Zähne wurden sortiert, äußerlich gereinigt, von Gewebsresten befreit und in Formalin aufbewahrt. Dann wurden alle Zähne trepaniert, die Wurzelkanaleingänge aufgesucht und mit den vorgeschriebenen Kerr-Bohrern für Maschinenbetrieb Stärke 1 bis 6 die Kanäle erweitert.

Bei den Molaren war zusätzlich vorher die Krone gekürzt worden. Die Erweiterung geschah mit dem Winkelstück (wenn nötig Handstück) mit einer Geschwindigkeit von 200 - 300 Umdrehungen pro Minute. Auf Grund der Versuchsanordnung war es nicht erforderlich, ein Reduzierwinkelstück vorzuschalten, das jedoch am Patienten unerläßlich wäre. Walkhoff und Hess meinen nämlich (20):
"Die Anwendung des Reduzierstückes nach Walkhoff ist zu empfehlen, da die Instrumente bei engen Kanälen und im schnellen Gang leicht im Kanal abbrechen."

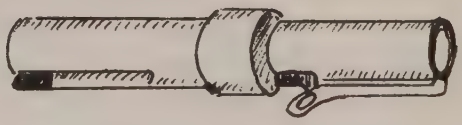


Abb. 6 aus Walkhoff-Hess (20) Reduzierstück für Hand- und Winkelstück

Bei den verwendeten Kerr-Kanalräumern handelt es sich um die handelsüblichen Bohrer der Firma Antaeus, München.

Typ K

Abb. 7

Das Material der Zähne bestand aus:
100 Frontzähnen des Oberkiefers und Unterkiefers gemischt,
100 Praemolaren des Oberkiefers und Unterkiefers gemischt,
50 Molaren des Oberkiefers und
50 Molaren des Unterkiefers.

b) Einzeldarstellung
Zeichenerklärung:

+ = Aufbereitung des Kanals bis zum Apex möglich;
(+) = Aufbereitung bis 2 mm vor den Apex möglich;
Dieser Wert könnte noch für eine Vitalexstirpation verwendet werden. Ist die Aufbereitung nur auf eine größere Distanz vom Apex möglich, so gilt der Versuch als nicht mehr positiv verlaufen.
-5 = Die Aufbereitung ist nur bis 5 mm vor den Apex geglückt.
Der Versuch gilt als Mißerfolg.
- = Die Aufbereitung ist unmöglich
o = Es wurde kein weiterer Versuch mehr unternommen, den Kanal zu erweitern, weil es vorher entweder zur Instrumentenfraktur oder zur Fausse route gekommen war, oder wenn der Kanal durch einen Dentikel verschlossen war.
f = Das Instrument bricht ab, frakturiert, sei es durch Ermüdung nach zu häufigem Gebrauch oder durch allzu starke Kanalkrümmung, der das Instrument nicht mehr folgen kann. Der Grund der Fraktur könnte auch ein zu enger Kanal sein, in dem sich der Kanalräumer festrotiert.
fr = Fausse route, auch wenn keine Perforation erfolgte.
Bei den Arbeiten an Phantomzähnen kann man den eingeschlagenen falschen Weg leicht erkennen; es kommt daher selten zur vollständigen Perforation.
d = Es befand sich ein Dentikel oder Gleithindernis im Wurzelkanal. Das Instrument konnte nicht passieren.
H = Der Kanal wurde mit dem Handstück aufbereitet, weil das ins Winkelstück eingespannte Instrument für die Länge der Wurzel zu kurz war.

Anmerkung:
Die Ergebnisse der Busch-Bohrer wurden nicht verwertet. Der Busch-Bohrer Nummer 1 ist so dick, daß er anschließend an den Kerr-Bohrer Nummer 6 zu verwenden ist. Der Kanal kann also hiermit noch stärker erweitert werden, was jedoch bei der üblichen Wurzelbehandlung nicht erforderlich erscheint.

100 Frontzähne

Zahn	Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1	
⌈3	+	+	+	+	+	+	(+)	
1⌋	+	+	+	+	+	+	f	
⌊3	+	+	+	+	+	+	-	H
⌈3	+	+	+	+	+	+	f	
1⌉	+	+	+	+	+	+	+	
2⌋	+	+	+	+	+	+	+	
⌊2	+	+	+	+	+	+	+	
3⌋	+	+	+	+	+	+	f	
2⌋	+	+	+	+	+	+	-6	H
⌊1	+	+	+	+	+	+	+	
3⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
2⌉	+	+	+	+	+	+	fr	
1⌉	+	+	+	+	+	+	+	
⌈3	+	+	+	+	+	+	f	
1⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈1	+	+	+	+	+	+	+	
3⌋	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
⌈3	+	+	+	+	+	+	+	
⌈2	+	+	+	+	+	+	(+)	
2⌋	+	+	+	f	o	o	o	
⌈1	+	+	+	+	+	+	-3	
3⌋	+	+	+	+	+	+	+	H
⌈2	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈2	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈2	+	+	+	+	+	+	(+)	

Zahn	Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1	
1⌉	+	+	+	+	+	+	-3	
⌈3	+	+	+	+	f	o	o	
2⌉	+	+	f	o	o	o	o	
2⌋	+	+	+	+	+	+	(+)	
3⌉	+	+	+	+	+	+	+	
1⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈2	+	+	+	+	+	+	-4	
1⌉	+	+	+	+	+	+	-3	
3⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
2⌋	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈1	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈3	+	+	+	f	o	o	o	
1⌋	+	+	+	+	+	+	+	
2⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈3	+	+	+	+	+	+	(+)	H
⌊1	+	+	+	+	+	+	+	
⌊3	+	+	+	+	+	+	+	H
⌊2	+	+	+	+	+	+	(+)	
3⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈3	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈2	d	o	o	o	o	o	o	
⌈1	+	+	+	+	+	+	-3	
⌈1	+	+	+	+	+	+	(+)	
2⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈2	+	+	+	+	+	+	(+)	
2⌋	+	+	+	+	+	+	+	
1⌉	+	+	+	+	+	+	-3	

Zahn	Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1	
⌊3	+	+	+	+	+	+	+	H
⌈2	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈1	+	+	+	+	+	+	-4	
2⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
3⌉	+	+	+	+	+	+	+	
3⌉	(+)	(+)	(+)	(+)	fr	o	o	
3⌉	+	+	+	+	+	+	+	H
⌊1	+	+	+	+	+	+	+	
⌈3	+	+	+	+	+	+	+	
⌊1	+	+	+	+	+	+	+	
⌊2	-3	-3	-3	-3	-3	fr	o	
1⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌊2	+	+	f	o	o	o	o	
⌊2	+	+	+	+	+	+	+	
2⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈2	+	+	+	+	+	+	-4	
2⌉	+	+	+	+	+	+	-3	
1⌉	+	+	+	+	+	+	+	
⌊1	+	+	+	+	+	+	+	
⌊3	+	+	+	+	+	+	+	
⌈2	+	+	+	+	+	+	(+)	
3⌉	+	+	+	+	+	+	-3	H
1⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
3⌉	+	+	+	+	+	+	+	
1⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
3⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	H
⌈2	+	+	+	+	+	+	(+)	

Zahn	Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1	
⌊1	+	+	+	+	+	+	+	
2⌉	f	o	o	o	o	o	-4	
⌈2	+	+	+	+	+	+	f	
⌈3	+	+	+	+	+	+	(+)	
1⌉	+	+	+	+	f	o	o	
3⌋	-3	-3	d	o	o	o	o	H
1⌉	+	+	f	o	o	o	o	
2⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈2	+	+	+	+	+	+	-3	
⌊2	+	+	+	+	+	+	-3	H
1⌋	+	+	+	+	+	+	+	
⌈1	+	+	+	+	+	f	o	
3⌉	+	+	+	+	+	+	+	H
3⌋	+	+	+	+	+	+	+	H
⌈2	+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	-3	
2⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌈1	+	f	o	o	o	o	o	
1⌉	+	+	+	+	+	+	(+)	
⌊3	+	+	+	+	+	+	-3	
⌊1	+	+	+	+	+	+	(+)	
1⌋	+	+	+	+	+	+	(+)	

100 Praemolaren, davon 68 mit einem Wurzelkanal
32 mit zwei Wurzelkanälen

A einwurzelige Praemolaren

Kerr						Busch	
1	2	3	4	5	6	1	
+	+	(+)	(+)	(+)	(+)	-7	
+	+	+	+	+	+	-4	
f	o	o	o	o	o	o	
+	+	+	+	+	+	-4	
(+)	+	+	+	+	+	-	H
+	+	+	+	+	(+)	-3	
+	+	+	+	+	+	-6	
+	+	+	+	+	+	-4	
+	+	+	+	+	+	-3	
+	+	+	+	+	+	-	H
+	+	+	+	+	+	-5	
+	+	+	+	+	+	+	
+	+	+	+	+	+	-	
+	+	+	+	+	+	-4	
+	+	+	+	+	+	-4	
+	+	+	+	+	+	-6	
(+)	f	o	o	o	o	o	
+	+	+	+	+	+	+	
+	+	+	+	+	+	-4	
+	+	+	+	+	+	-5	
+	+	+	+	+	+	(+)	
+	+	+	+	+	+	-7	
(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	

Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1	
+	+	+	+	+	+	-3	
+	+	+	+	+	+	-	
+	+	+	+	+	+	+	
+	+	+	+	+	+	-	H
+	+	+	+	+	+	(+)	
+	+	+	+	+	+	(+)	
+	+	+	+	+	+	(+)	
+	+	+	+	+	+	+	H
+	+	+	+	+	+	(+)	
f	o	o	o	o	o	o	
+	+	+	+	+	+	+	
+	+	+	+	+	+	(+)	
+	+	+	+	+	+	-6	
+	+	+	+	+	+	(+)	
+	+	+	+	+	+	-	
+	+	+	+	+	+	-3	
+	+	+	+	+	+	-	
+	+	+	+	+	+	-3	
+	+	+	+	+	+	(+)	
+	+	+	+	+	+	-3	
+	+	+	+	+	+	-5	
+	+	+	+	+	+	-4	
+	+	+	+	+	+	-6	
+	+	+	f	o	o	o	
+	+	+	+	+	+	-7	
+	f	o	o	o	o	o	
-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	

Kerr						Busch	
1	2	3	4	5	6	1	
+	+	+	+	+	+	-7	H
-	-	-	-	-	-	f	
+	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-	
+	+	+	+	+	+	-	
+	+	+	+	+	+	-5	
+	+	+	+	+	+	-3	
(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
+	+	+	+	+	+	(+)	
+	+	+	+	+	+	(+)	
(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-4	
(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-7	
(+)	(+)	+	+	+	(+)	-6	
(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-4	
(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	-3	-4	
(+)	(+)	-3	-3	-3	-3	-3	H
+	+	+	+	+	+	+	
+	+	+	+	+	+	-3	

B zweiwurzelige Praemolaren

Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1	
(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)(+)	-4-4	
++	++	++	++	++	++	-6-5	
++	++	++	++	++	++	-4-5	
++	++	++	++	++	++	--	
++	++	++	++	++	+-	-o	
+f	+o	+o	+o	+o	+o	-o	
+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	--	
++	++	++	++	++	++	--	
++	++	++	++	++	++	-3-4	
++	++	++	++	+f	+o	-o	
++	++	++	fr, f	oo	oo	oo	
++	++	++	++	++	+f	-3o	
+(+)	f(+)	o(+)	o(+)	o(+)	o(+)	o-	
++	++	++	++	++	++	--	H
++	++	++	++	++	++	(+)(+)	
++	++	++	++	++	++	--	
++	++	+f	+o	+o	+o	-o	
++	++	++	++	++	+f	-3o	HH
++	++	++	++	++	++	-5-6	
++	++	++	++	++	++	--	
++	++	f(+)	o(+)	o(+)	o(+)	o-	
+f	+o	fo	oo	oo	oo	oo	
++	++	(+)(+)	-3f	-3o	-3o	-o	
++	+(+)	+f	(+)o	fo	oo	oo	
(+)f	(+)o	(+)o	(+)o	(+)o	(+)o	-4o	

Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1
++	++	+f	(+)o	fo	oo	oo
(+)(+)	+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	--
++	++	++	++	++	++	(+)(+)
++	(+)(+)	(+((+)	(+)(+)	(+)(+)	(+)f	-o
+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	(+)(+)	--
(+)-3	(+)-3	(+)-3	(+)-3	(+)-3	(+)-3	-6-6
+-3	+-4	+-5	+-6	-3-6	-3-6	-9-

50 obere erste und zweite Molaren, davon 46 mit drei Wurzelkanälen
4 mit vier Wurzelkanälen

Nach Prof. Schug-Kösters ist die Zahl der Kanäle wie folgt aufgeteilt: (17)

6|6 zu 85 % mit 3 Kanälen, zu 15 % mit 4 Kanälen;

7|7 zu 85 % mit 3 Kanälen, zu 15 % mit 4 Kanälen;

gelegentlich findet man bei beiden 5 Kanäle.

A Molaren mit drei Kanälen

Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1
(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	-3-4-6
+++	+++	+++	++(+)	+f(+)	+o(+)	-o(+)
+++	+++	+++	+++	+++	+++	(+)--
+++	+++	+++	+++	+++	+++	-4--
+++	+++	+++	+++	+++	+++	---
+++	+++	+++	+++	+++	+++	(+)(+)-
+++	+++	+++	+++	+++	+++	(+)--
+++	+++	+++	+++	++f	++o	--o
+++	+++	+++	++f	++o	++o	(+)-o
++d	++o	++o	++o	++o	++o	++o

Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1
++f	++o	+fo	+oo	+oo	+oo	-oo
+++	+++	+++	+++	+++	++(+)	-3--
+++	++f	++o	+(+)o	+(+)o	f(+)o	o-3o
+(+)f	+(+)o	+(+)o	f(+)o	o(+)o	o(+)o	o-3o
(+)(+)-4	(+)(+)-4	(+)(+)f	(+)-3o	(+)-4o	(+)-4o	-3-5o
(+)dd	-4oo	-4oo	-4oo	-4oo	-6oo	-6-3o
+dd	+oo	+oo	+oo	+oo	+oo	-5oo
+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	-7--
++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	-4-6-
++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++f	-3-4o
++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	-4--
++f	++o	++o	++o	++o	++o	(+)-4o
+(+)+	+(+)+	+(+)+	+-3f	+-3o	+-3o	-4-o
+++	+++	+++	++-4	++-4	++-4	+-4-4
+++	+++	+++	+++	+++	+++	+-5-
(+)-3d	(+)-3o	(+)-3o	(+)-3o	(+)-3o	(+)-3o	(+)-o
+++	++f	++o	++o	++o	++o	--o
+++	+++	++f	++o	++o	++o	-4-5o
+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	+-3-
++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++f	++o	-4-o
+(+)f	+(+)o	+(+)o	+fo	+oo	+oo	-oo
+++	+++	+++	+++	+++	+++	-3-3-4
-3-3f	-3-4o	-3-4o	-4-4o	-4-4o	-4-4o	--o
++(+)	+f(+)	+o(+)	+o(+)	+o(+)	+o(+)	-5o-
++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)
-4dd	-4oo	-4oo	-4oo	-4oo	-4oo	-oo
++-4	++-4	++-4	++-4	++-4	+f-4	-o-

Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1
+(+)f	+(+)o	+(+)o	f(+)o	o(+)o	o(+)o	o-4o
++d	++o	++o	++o	++o	++o	--o
+++	+++	+++	+++	+++	+++	(+)(+)(+)
+(+)d	+(+)o	+(+)o	+(+)o	+(+)o	+(+)o	+(+)o
(+)-3-3	(+)-3-3	(+)-3f	(+)-3o	(+)-3o	(+)-3o	--o
++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	-3-3-
+(+)-3	+(+)-3	+(+)-3	+(+)-3	f(+)-3	o(+)-3	o-4-
+(+)(+)	+(+)f	+(+)o	+(+)o	+(+)o	+(+)o	-4-o
++(+)	++(+)	++-3	++f	++-o	++-o	-4-6o

B Molaren mit vier Kanälen

Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1
++(+)(+)	++(+)(+)	++(+)(+)	++(+)(+)	++(+)(+)	(+)f(+)(+)	-4o-3-3
++++	++++	++++	++++	++++	++++	+(+)(+)-
++-4-5	++-4-5	++-4-5	++-4-5	++-4-5	++-4-5	(+)(+)-5-
++(+)-6	++(+)f	++(+)o	++(+)o	++(+)o	+(+)(+)o	(+)-4-4o

50 untere erste und zweite Molaren, davon 41 mit drei Wurzelkanälen
7 mit zwei Wurzelkanälen
2 mit vier Wurzelkanälen

Nach Prof. Schug-Kösters (17) ist die Zahl der Kanäle wie folgt aufgeteilt:

6 6 zu 10 % mit 2 Kanälen, zu 85 % mit 3 Kanälen, zu 5 % mit 4 Kanälen;
7 7 zu 10 % mit 2 Kanälen, zu 85 % mit 3 Kanälen, zu 5 % mit 4 Kanälen.

A Molaren mit drei Kanälen

Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1
+++	+++	+++	++f	+-4o	+-6o	-3-o
+++	+++	+++	+++	+++	+(+)f	-5-o
+(+)-3	+(+)-3	+f-3	+o-3	+o-3	+o-4	(+)of
(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)-6-
fdd	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo	ooo
+-3-3	+-3-3	+-3-3	f-4-4	o-4-4	o-4-5	o--
++-3	++-3	+f-3	+o-3	fo-3	oo-3	oo-3
++(+)	+f(+)	(+)o(+)	(+)o(+)	(+)o(+)	(+)o(+)	-4o-
+++	+++	++(+)	+f(+)	+o(+)	(+)o(+)	-o-
+++	++(+)	+-5+	+-5+	+-5+	+-5+	(+)--
(+)(+)-3	(+)(+)-3	(+)(+)-3	(+)(+)-3	(+)(+)-3	(+)(+)-3	-4--
++(+)	++(+)	++f	++o	++o	++o	-3-o
+-4f	+-4o	+-4o	+-5o	+-5o	+-5o	-4-o
+++	+++	+++	+++	+++	+++	+-5-7
(+)-3-4	(+)-3-4	(+)-3-4	(+)-3-4	(+)-4-4	(+)-4-5	---
++f	++o	+fo	+oo	+oo	+oo	+oo
++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	++(+)	+f(+)	-5of
+++	+++	+++	+++	+++	++-3	+(+)-4

Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1
+df	+oo	froo	ooo	ooo	ooo	ooo
+++	+++	+(+)f	+fo	+oo	+oo	+oo
(+)-4d	(+)fo	(+)oo	(+)oo	(+)oo	(+)oo	-3oo
(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)f	(+)(+)o	-4-o
+(+)f	+(+)o	f(+)o	o(+)o	o(+)o	o(+)o	o(+)o
++(+)	++(+)	+(+)(+)	f(+)(+)	o(+)(+)	o(+)-4	o-5-
++(+)	++(+)	+f(+)	+o(+)	+o(+)	+o(+)	-o-3
++(+)	++(+)	++-6	++-6	++-6	+-4-6	+--
++(+)	+f(+)	fo(+)	oo(+)	oo(+)	oo(+)	oo(+)
+++	+++	+++	+++	++f	++o	(+)-o
++-4	++-4	++-4	++-4	+(+)-4	+-4-4	(+)--
(+)(+)f	(+)(+)o	(+)-3o	(+)fo	(+)oo	(+)oo	-3oo
+(+)-3	+(+)-3	+(+)-3	+(+)-4	+(+)-4	+(+)-4	-4(+)-5
+dd	+oo	+oo	+oo	foo	ooo	ooo
+++	+++	+++	+++	+++	+++	++-3
+-4f	+fo	+oo	+oo	+OO	+oo	-3oo
+(+)(+)	+(+)(+)	+-4f	+-4o	+-4o	+-5o	-3-o
++(+)	++(+)	+-3-3	+-3-3	+f-3	+o-5	-3o-
(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	(+)(+)(+)	-3-4-6
++f	++o	++o	+(+)o	+(+)o	+fo	+oo
+++	+++	+++	++(+)	++(+)	++-3	-4-5-
+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	+(+)(+)	-3-4-4
++(+)	++(+)	++(+)	++f	++o	++o	-3-5o

B Molaren mit zwei Kanälen

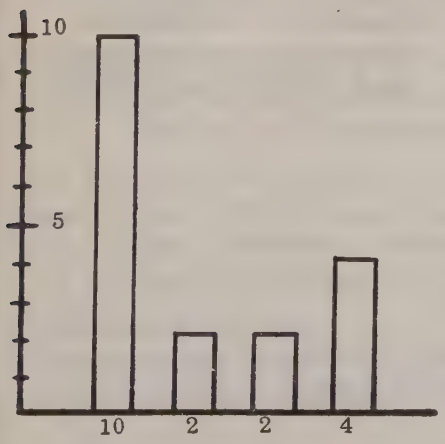
Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1
++	++	++	++	++	++	-6-6
++	++	++	++	+f	+o	+o
+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	+(+)	--
++	++	++	++	++	++	++
+f	+o	+o	+o	+o	+o	+o
++	++	++	++	++	+(+)	+-4
++	++	++	++	+f	+o	-3o

C Molaren mit vier Kanälen

Kerr 1	2	3	4	5	6	Busch 1
+++(+)	+++(+)	+++(+)	+++(+)	+(+)(+)(+)	(+)(+)-4f	-4-4-o
++-6f	++-6o	++-6o	++-6o	++-6o	++-6o	---o

c) Auswertung

Auswertung der Mißerfolge bei den Frontzähnen:
18 Zähne von 100



10 Frakturen eines Instruments
2 Fausses routes
2 Dentikel bzw. Gleithindernis
4 untere Eckzähne, die nur mit dem Handstück aufzubereiten waren. Da jedoch diese Methode am Patienten nicht durchführbar ist, gelten diese Zähne als Mißerfolge.

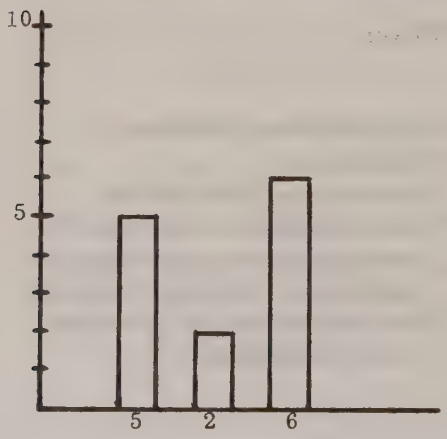
Bei welchem Zahn kommen die meisten Mißerfolge vor ?
Es handelte sich um 14 nicht geglückte Aufbereitungen durch Instrumentenfraktur, Fausses routes und Gleithindernisse.

Bei 1|1	-	
2|2	3 (= zwei Frakturen, eine Fausse route)	Nach Ferency (20) handelt es sich um weite, leicht zugängliche Kanäle
3|3	1 (ein Dentikel)	
3|3	3 (= zwei Frakturen, eine Fausse route)	
1|1	4 (vier Frakturen)	Nach Ferency sind das lange und enge Kanäle
2|2	3 (= zwei Frakturen, ein Dentikel)	

Am sichersten für die maschinelle Kanalaufbereitung sind also die oberen mittleren Incisivi und die oberen Canini. Bei den oberen seitlichen Incisivi und unteren Canini sind die Kanäle keineswegs immer weit und leicht zugänglich, vielmehr ist oft der ganze Zahn in sich gebogen, somit auch der Wurzelkanal. Das Kanallumen ist oft eng wie bei Praemolaren oder der Apex stark nach distal (untere Canini) oder distopalatinal (obere seitliche Incisivi) gekrümmt. Die unteren Incisivi haben enge mittellange Kanäle, die eventuell am Apex scharf abgebogen sind.

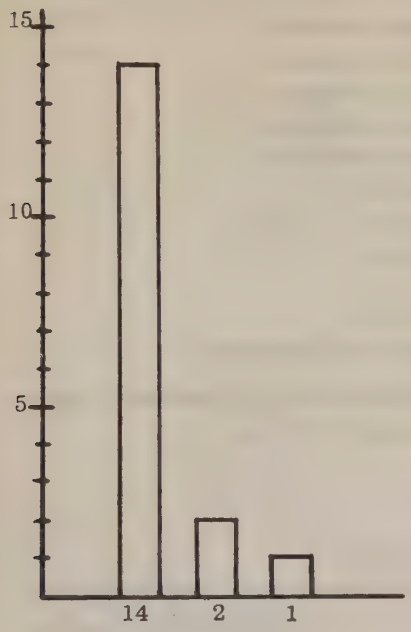
Mit Ausnahme eines oberen Eckzahnes war eine erfolgreiche Aufbereitung jeweils bis zum Apex möglich.

Auswertung der Mißerfolge bei den Praemolaren
a) einwurzelige: 13 Zähne von 68 ≙ 20 %



5 Frakturen eines Instrumentes
- Fausse route
2 Dentikel bzw. Gleithindernis
6 deren lange Wurzel mit dem Handstück aufbereitet werden mußte.

b) zwei wurzelige: 16 Zähne von 32 ≙ 50 %



14 Frakturen eines Instrumentes, davon in drei Zähnen in beiden Kanälen;
1 Fausse route zusammen mit einer Fraktur in der anderen Wurzel (oben schon mitgezählt);
2 Dentikel bzw. Gleithindernis

In einem Fall gilt die Benützung des Handstückes bei der Aufbereitung als zulässig, die Aufbereitung als geglückt, da man praktisch einen oberen ersten Praemolaren noch mit dem Handstück behandeln kann.

Bei 11 von 16 Mißerfolgen bei den Praemolaren mit zwei Kanälen konnte wenigstens ein Kanal aufbereitet werden. In vier Fällen waren Instrumentenfrakturen oder Fausse route in beiden Kanälen zu verzeichnen.

Auswertung der Mißerfolge bei den oberen Molaren:
Von 50 oberen Molaren hatten 46 drei Kanäle, das sind 92 % (Norm = 85 %); vier hatten vier Kanäle, das sind 8 % (Norm = 15 %).

Bei 18 Zähnen (36 %) konnten alle drei (vier) Kanäle aufbereitet werden.
Bei 18 Zähnen (36 %) konnte ein Kanal nicht aufbereitet werden.
Bei 12 Zähnen (24 %) konnten zwei Kanäle nicht aufbereitet werden.
Bei 2 Zähnen (4 %) konnten alle drei Kanäle nicht aufbereitet werden.

Auswertung nach Kanälen:
Diese Auswertung ist natürlich nur theoretisch, da praktisch jeder Zahn, bei dessen Aufbereitung es zu Komplikationen kommt, als Mißerfolg betrachtet werden muß.

insgesamt Kanäle (138+16) =	154	
bei 18 Zähnen Erfolge (54+4)=	58	Kanäle aufbereitet
bei 2 Zähnen je drei Kanäle=	6	Kanäle aufbereitet
bei 17 Zähnen je zwei Kanäle=	34	Kanäle aufbereitet
bei 11 Zähnen je ein Kanal =	11	Kanäle aufbereitet
	109.	Kanäle aufbereitet
		(≙ ca. 72 %)
Frakturen in	27	Kanälen
Fausse route in	-	Kanälen
Dentikel, enger Kanal, zu starke Wurzelkrümmung in	18	Kanälen
	45	Kanäle nicht aufbereitet.

Die 64 % Mißerfolge wurden also hauptsächlich durch Instrumentenfraktur verursacht. Günstig für die Aufbereitung war der palatinale Kanal,
ungünstig: der distobuccale Kanal
wechselnd: der mesobuccale Kanal.

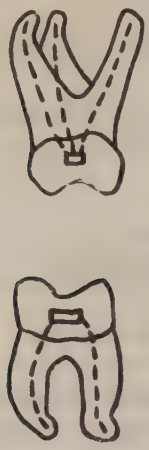
Auswertung der Mißerfolge bei den unteren Molaren:
Von 50 unteren Molaren hatten 41 drei Kanäle, das sind 82 % (Norm = 85 %); 7 hatten zwei Kanäle, das sind 14 % (Norm = 10 %); 2 hatten vier Kanäle, das sind 4 % (Norm = 5 %).

Bei 13 Zähnen (26 %) konnten alle drei (zwei) Kanäle aufbereitet werden.
Bei 20 Zähnen (40 %) konnte ein Kanal nicht aufbereitet werden.
Bei 12 Zähnen (24 %) konnten zwei Kanäle nicht aufbereitet werden.
Bei 5 Zähnen (10 %) konnten alle drei Kanäle nicht aufbereitet werden.

Auswertung nach Kanälen (theoretisch):

insgesamt Kanäle (123 + 14 + 8) =	145	
bei 13 Zähnen Erfolge (27 + 8) =	35	Kanäle aufbereitet
bei 1 Zahn drei Kanäle =	3	Kanäle aufbereitet
bei 17 Zähnen je zwei Kanäle =	34	Kanäle aufbereitet
bei 14 Zähnen je ein Kanal =	14	Kanäle aufbereitet
	86	Kanäle aufbereitet
		(≙ ca. 59 %)
Frakturen in	41	Kanälen
Fausse route in	1	Kanal
Dentikel, enger Kanal, zu starke Wurzelkrümmung in	17	Kanälen
	59	Kanäle nicht aufbereitet.

Warum konnten 36% der oberen Molaren, aber nur 26 % der unteren Molaren aufbereitet werden ? Die beiden Zahngruppen unterscheiden sich in der Form der Wurzeln.

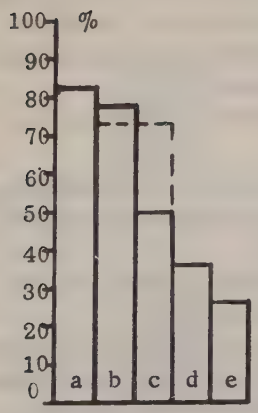


Oberkiefer:
Hier trifft man häufiger auf auseinanderstrebende Wurzelformationen ohne allzu starke Krümmungen.

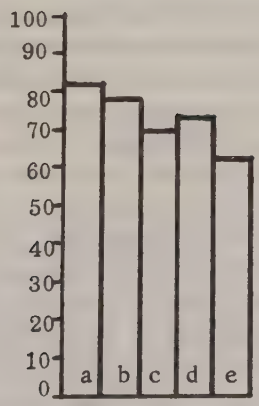
Unterkiefer:
Hier findet man häufiger eine Tonnenform in der Stellung der Wurzeln zueinander. Der distale Kanal ist meist gut gängig (weiter) und verhältnismäßig leicht aufzubereiten. Die beiden mesialen Kanäle sind sehr eng; die Instrumente rotieren sich fest, verklemmen und brechen.

Abb. 8

Erfolgreiche Aufbereitung einzelner Zahngruppen in %



Erfolgreiche Aufbereitung von Kanälen der einzelnen Zahngruppen (theoretisches Bild)



Erklärung hierzu Seite 34

a	Frontzähne	82 %
b	Praemolaren mit einem Kanal	80 %
c	Praemolaren mit zwei Kanälen	50 %
d	Molaren des Oberkiefers	36 %
e	Molaren des Unterkiefers	26 %

Die gestrichelte Linie bedeutet Erfolge der ein- und zweiwurzeligen Praemolaren zusammen: 71 %

a 82 % aufbereitete Kanäle (Frontzähne)
b 80 % aufbereitete Kanäle (Praemolaren mit einem Kanal)
c 68 % aufbereitete Kanäle (Praemolaren mit zwei Kanälen)
d 72 % aufbereitete Kanäle (Molaren des Oberkiefers)
e 59 % aufbereitete Kanäle (Molaren des Unterkiefers)

Wie schon erwähnt (S. 31), ist die Auswertung nach Kanälen nur theoretisch, da bei einem Mißerfolg in einem Kanal eines mehrwurzeligen Zahnes dieser wohl als extraktionsreif zu betrachten ist.
Die Übersicht soll zeigen, daß die Mißerfolge (in %) bei allein der Auszählung der Kanäle allerdings nicht so hoch liegen, wie die der einzelnen Zahngruppen.

d) Spezielle Darstellung der Instrumentenfrakturen

Diese besondere Hervorhebung ist notwendig, weil es sich bei den nicht geglückten Aufbereitungsversuchen hauptsächlich um einen Bruch des Instrumentes gehandelt hat. Meistens brach der Bohrer in seinem mittleren Teil, etwa 3 bis 4 mm seines Bohrgewindes blieben im Kanal stecken, manchmal war es auch nur die feine Spitze, besonders bei den zarten Bohrern Nummer 1.

Bei den Frontzähnen ergaben sich wie schon ausgeführt, 10 Frakturen bei 18 Mißerfolgen, das sind ca. 55 % davon.

Die Praemolaren mit einem Kanal hatten 5 Frakturen von 13 Mißerfolgen, das sind ca. 38 % zu verzeichnen; bei den Praemolaren mit zwei Kanälen waren es 14 Frakturen von 16 Mißerfolgen, das sind ca. 88 %.

Konnte ein Kanal nicht erfolgreich aufbereitet werden, so waren bei den Molaren fast ausschließlich Instrumentenfrakturen daran schuld.

Es stellte sich heraus, daß das Instrument eher in einem geraden, aber sehr engen Kanal bricht, nicht so häufig in etwas gekrümmten, wenn weiten Kanälen. Unter Verwendung der Einteilung von Ferency (2) wurde der Kanaltyp ermittelt, bei dessen Bearbeitung es zu den meisten Komplikationen kommt.
Ferency teilt die Wurzelkanäle in fünf Gruppen ein:

Gruppe I: $\frac{321 \mid 123}{3 \mid 3}$ Die Kanäle sind leicht zugänglich und genügend weit. Instrumente können sofort bis zur Wurzelspitze vordringen.

Gruppe II: $\frac{7p\ 6p\ 5 \mid 5\ 6p\ 7p}{7d\ 6d\ 54 \mid 45\ 6d\ 7d}$ (p = palatinal; d= distal) manuelle, evt. maschinelle Erweiterung möglich; die Kanäle sind enger, aber auch kürzer.

Gruppe III: $\frac{4 \mid 4}{21 \mid 12}$ Die Kanäle sind enger, aber nicht kürzer. Maschinelle Erweiterung ist nach Handerweiterung mit größter Vorsicht möglich.

Gruppe IV: $\frac{7d\ 6d \mid 6d\ 7d}{7m6m \mid 6m7m}$ (m = mesial) Es handelt sich um sehr enge und lange Kanäle.

Gruppe V: Die dritten Molaren und gekrümmte und verkürzte und undurchdringliche (obliterierte oder durch Dentikel verschlossene) Kanäle an allen Zähnen.

Auf Grund der Instrumentenfrakturen wurde folgende Einteilung aufgestellt:

Abb. 9 a

Der Kanal ist gerade und weit. Das Instrument bereitet ohne Schwierigkeiten auf. Dies kann nur bei den Zähnen $\frac{3\ 1 \mid 1\ 3}{}$ behauptet werden.

Abb. 9 b

Der Kanal ist gerade, aber eng. Das gleich dicke Instrument passiert nicht mehr mühelos, sondern raspelt vom Dentin Späne ab und kann sich bei geringster Gewaltanwendung (Druck) festfressen und brechen. Es handelt sich um $\frac{7p\ 6p\ (5)\ 2 \mid 2\ (5)\ 6p\ 7p}{54\ 21 \mid 12\ 45}$

Abb. 9 c

Der Kanal ist gebogen, aber weit. Das gleiche Instrument wieder kann den Kanal passieren, wobei es etwas abgebogen wird. Hier besteht die Gefahr, daß es bei zu hoher Geschwindigkeit infolge Überbeanspruchung des Materials zur Torsionsfraktur kommt. Es handelt sich hauptsächlich um $\frac{54 \mid 45}{3 \mid 3}$

Bei diesen Kanalverhältnissen ist noch zu beachten, ob jene Stellen, an denen das Instrument nicht entlangraspeln kann, nicht zu Inseln bakterienreichen Materials werden !

Der Kanal ist gebogen und eng. Das Instrument kann nicht passieren. Wird es nur etwas zu weit vorgeschobe so bricht es. Es handelt sich besonders um

7d 6d	6d 7d
7m 6m	6m 7m

Abb. 9 d

Zu den Röntgenbildern:

Die Röntgenaufnahmen zeigen Zähne mit frakturierten und in den Kanälen steckengebliebenen Kerr-Bohrern.

Abb. 9: Frontzähne

Bei den Schneidezähnen (jeweils an der Seite rechts und links) liegt die Ursache des Bruches wohl in der Kanalkrümmung. Beim Eckzahn in der Mitte hat sich der viel zu dicke Busch-Bohrer festrotiert.

Abb. 10: Praemolaren

Bei den Praemolaren sind die Kanalräumer offensichtlich auch festrotiert; bei dem oberen ersten Praemolaren (in der Mitte des Bildes) könnte auch die Kanalkrümmung im Verein mit zu engem Lumen Schuld tragen.

Abb. 11: Obere Molaren

Die Bohrer hatten wiederum nur minimale Krümmungen zu überwinden; sie fraßen sich fest. Wesentlich stärker gebogene Kanäle derselben Zähne sind aufbereitet.

Abb. 12: Untere Molaren

Bei den unteren Molaren treffen wir auf sowohl enge als auch gebogene Kanäle.

Die in den Kanälen deutliche Stufe rührt jeweils von der, bis zu dieser Stelle erfolgten Aufbereitung mit Busch-Bohrern her.

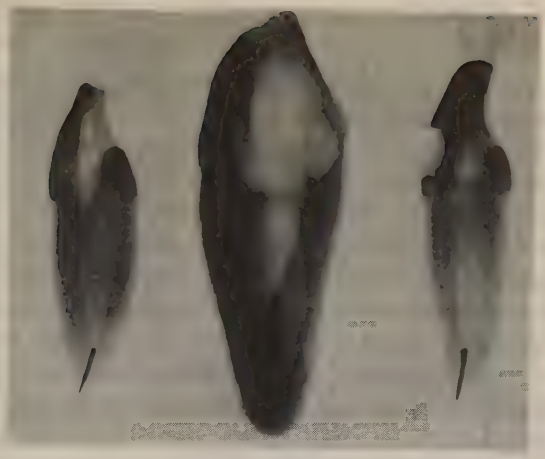


Abb. 10

Abb. 11

Abb 12

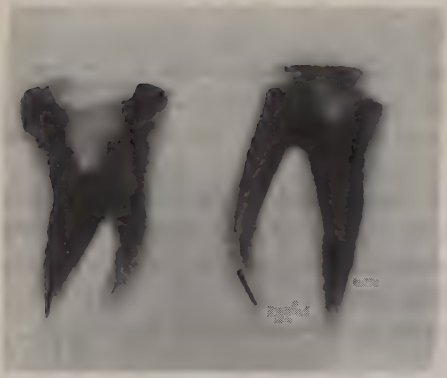


Abb. 13a

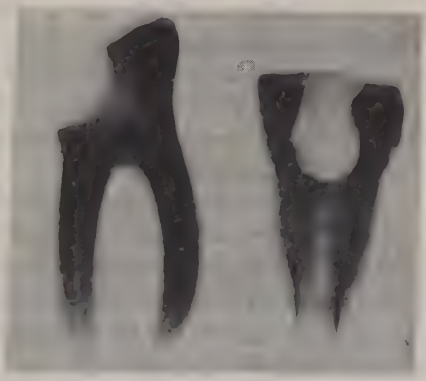


Abb. 13b

IV KRITISCHE BEURTEILUNG

Die Meinungen über die maschinelle Aufbereitung im allgemeinen sind recht widersprechend. Im Vergleich axial arbeitender Methoden mit der rotierenden Aufbereitung wird letztere meistens schlechter beurteilt, unberechtigterweise, wie ich mich bemühte an Hand kritischer Betrachtungen auch der Methoden Binder/Schnur darzulegen. Wenn strenge Maßstäbe angelegt werden, ist die maschinelle Aufbereitung überhaupt abzulehnen, und zwar hauptsächlich wegen der Gefahren (Frakturen, Fausses routes), die sie für den Patienten mitbringt. Bei unserem bewährten Aufbereitungsverfahren mit der Hand, wie es an der Klinik geübt wird, kommt es fast nie zu der lebensbedrohlichen Komplikation des Verschluckens bzw. Aspirierens eines Kleininstrumentes, denn wir verwenden die Sicherheitskettchen und -fäden. Viel schwerwiegender sind also, meiner Ansicht nach, die Instrumentenfrakturen und Fausses routes zu beurteilen, die bei der manuellen Aufbereitung recht selten sind, bei der maschinellen aber, auch bei axialer Aufbereitung (!), an der Tagesordnung stehen.

An eine Zeitersparnis bei der Wurzelbehandlung sollte der verantwortungsbewußte Zahnarzt im Interesse des Patienten weniger denken. Hierzu wäre auch noch anzuführen, daß die maschinellen Aufbereitungsmethoden bestimmt nicht sofort leicht von der Hand gehen, sondern gelernt werden müssen, am besten an extrahierten Zähnen.

Nachdem die rotierenden Instrumente meistens schlecht beurteilt werden was ihre Fähigkeit anbelangt, einen Wurzelkanal aufzubereiten, werden sie doch zur Glättung der Kanalwände empfohlen. Diese Forderung erfüllt jedoch genauso die von uns geübte Behandlung der Kanalwand nach der eigentlichen Aufbereitung mit der Hedströmfeile -glätten- und mit der Wasserstoffsuperoxydspülung -reinigen-. Wir setzen uns ausserdem nicht der Gefahr einer Instrumentenfraktur aus, wenn nämlich ein zu dicker Bohrer gewählt wurde.

Daß es eher unverantwortlich ist, als erfolgversprechend mit rotierenden Nervkanalbohrern aufzubereiten, mußte ich leider mit meinen experimentellen Ergebnissen beweisen.

Umso mehr, als an den extrahierten Zähnen in meiner Hand ja der Kanalverlauf an der Wurzelkrümmung zu ersehen und es ein Leichtes war, die Haltung des Winkelstückes und des Zahnes so aufeinander abzustimmen, daß sich ein möglichst gerader Kanalverlauf ergab.

Am Patienten ist solch ein Verfahren natürlich nicht anzuwenden und über den exakten Kanalverlauf kann man sich nur mittels eines oft täuschenden Röntgenbildes unterrichten. Demnach wäre die ermittelte Erfolgsquote bei der Wurzelbehandlung am Patienten noch niedriger anzusetzen.

Nicht nur die Kanalkrümmung, sondern auch besonders der enge Kanal stellten sich als Hindernisse dar.

Empfohlen kann die maschinelle Aufbereitung mittels Kerr-Bohrern nur für

die oberen mittleren Schneidezähne und die oberen Eckzähne werden. Hier sind keine Mißerfolge zu verzeichnen, die Kanäle kann man als durchwegs weit und gerade bezeichnen.

Ausserdem ist bei diesen Zähnen die meiste Gewähr gegeben, daß auch die apikale Mündung der Pulpa in der geraden Kanalrichtung liegt und nicht wie öfters beim oberen seitlichen Schneidezahn (nach disto-palatinal) abgeknickt ist.

Für alle anderen Zahngruppen liegt die Quote der nicht geglückten Aufbereitungen verhältnismäßig hoch, so daß sie nur unter Vorbehalten wie $\frac{2 \mid 2}{321 \mid 123}$ und $\frac{5 \mid 5}{54 \mid 45}$ oder gar nicht wie $\frac{76\ 4 \mid 4\ 67}{76 \mid 67}$ zu empfehlen sind.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden die Vor- und Nachteile der maschinellen Kanalaufbereitung an Literaturbeispielen erörtert. Kommt es zu Komplikati onen, wie zum Beispiel Instrumentenfrakturen oder Fausse route und Perforation, so sind die entsprechenden Maßnahmen zu ergreifen, um den betreffenden Zahn zu retten.

Die axiale Aufbereitungsmethode wurde der mit rotierenden Instrumenten gegenübergestellt. Binder, der den Racerfeilkopfentwickelte und Schnur mit seinem Vibrationsfeilstück kommen zu Wort.

Anschließend werden einige kritische Stimmen gegen die axiale Aufbereitung zitiert.

Eigene Untersuchungen wurden mit einem Material von 300 extrahierten Zähnen angestellt. 100 Frontzähne, 100 Praemolaren und 100 Molaren, je 50 des Oberkiefers und des Unterkiefers wurden mit den rotierenden Kerr-Nervkanalbohrern aufbereitet. Die Ergebnisse sind keine Empfehlung für die rotierende Aufbereitung:

Es ergaben sich bei den Frontzähnen	82 % Erfolge
bei den Praemolaren mit einem Kanal	80 % Erfolge
mit zwei Kanälen	50 % Erfolge
bei den Molaren des Oberkiefers	36 % Erfolge
des Unterkiefers	26 % Erfolge !!!

Die Mißerfolge wurden nach der Art der Komplikation (Instrumentenfraktur, Fausse route und Dentikel bzw. Gleithindernis) ausgewertet. Bei mehrkanäligen Zähnen wurden auch noch die Ergebnisse in den einzelnen Kanälen verwertet.

Eine spezielle Darstellung galt den Instrumentenfrakturen, da diese das Hauptkontingent der Mißerfolge stellten. An Hand von Röntgenaufnahmen wurde der Kanaltyp erläutert, bei dessen Aufbereitungsversuch es zu den meisten Komplikationen kam. Es handelt sich hauptsächlich um den engen Kanal, in dem sich das Instrument festrotiert; wenn er dazu noch gebogen ist, und sei es auch nur gering, kommt es unweigerlich zur Fraktur.

In einer kritischen Stellungnahme kam es zur Empfehlung der Kerr-Bohrer nur für die Verwendung bei der Aufbereitung von $\frac{3\ 1 \mid 1\ 3}{}$. Unter Vorbehalten eignen sich auch noch $\frac{2 \mid 2}{321 \mid 123}$ und $\frac{5 \mid 5}{54 \mid 45}$, wenn das Röntgenbild ein weites und gerades Kanallumen verspricht. Abzulehnen ist die Methode bei $\frac{76\ 4 \mid 4\ 67.}{76 \mid 67}$

QUELLENVERZEICHNIS

(1) R. Binder:
Die maschinelle Aufbereitung des Wurzelkanals
Zahnärztliche Welt / Zahnärztliche Reform
Nummer 15 S. 407 vom 10. 8. 1958 Jahrgang 59 (13)

(2) K. Ferency:
Die Erweiterung der Wurzelkanäle bei gangränösen Zähnen
Quintessenz Heft 10 Ref. 357 vom Okt. 1953

(3) G. Fischer:
Über Restpulpitis
Zahnärztl. Rundsch. 1955 Heft 18 S. 473 Jahrgang 64

(4) G. Fischer:
Anatomie der Wurzelkanäle
Deutsche Monatsschrift der Zahnheilkunde 1907, 1912
erschienen in Zahnärztl. Rundsch. 1954 Heft 24 S. 693 Jahrgang 63

(5) W. Hess:
Zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses mit Berücksichtigung der feineren Verzweigungen am Foramen apicale
Zürich 1917

(6) M. Hunkirchen:
Beitrag zur maschinellen Aufbereitung von Wurzelkanälen mit Hilfe verbesserter und neuartiger Instrumente
Quintessenz Heft 3 Ref. 1191 vom März 1959

(7) E. Lange:
Die maschinelle lineare Wurzelkanalerweiterung
Zahnärztl. Welt / Zahnärztl. Reform
Nummer 9 vom 10. 5. 1961 S. 275 Jahrgang 62 (16)

(8) E. Lautenbach:
Auswirkungen frakturierter Wurzelkanalinstrumente
aus Zahnärztl. Welt / Zahnärztl. Reform Nummer 11
vom 10. 6. 1957 Jahrgang 58 referiert in
Neues aus der Zahnheilkunde (Zeitschriftenreferate aus den Jahren 1956/57) S. 266.
Schlütersche Verlagsanstalt Hannover.

(9) E. Lörinczy-Landgraf:
Stellungnahme zu der Arbeit von R. Waechter und L. Stockinger
Zu den anatomischen Grundlagen der Wurzelbehandlung
Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 1961 II Heft 22 S. 1432 Jhrg. 16

(10) W. Meyer:
Die anatomischen Grundlagen der Wurzelbehandlung
Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 1960 Heft 10 S. 777 Jahrgang 15

(11) W. Meyer:
Die Anatomie der Wurzelkanäle
Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 1959 Heft 17 S. 1239 Jahrgang 14

(12) W. Meyer und E. Scheele:
Die Anatomie der Wurzelkanäle
Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 1954 Heft 9 S. 497 Jahrgang 9

(13) G. Preiswerk:
Lehrbuch und Atlas der konservierenden Zahnheilkunde
München 1903

(14) H.H. Rebel:
Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde S. 388
Verlag C. Hanser München 1947

(15) E. Ring:
Über die maschinelle Aufbereitung des Wurzelkanals
Zahnärztl. Praxis Nummer 4 vom 15. Feb. 1960 Jahrgang XI

(16) J. Schnur:
Technik der Wurzelbehandlung des infizierten Zahnes
Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 1958 Heft 8, S. 448 Jahrgang 13

(17) M. Schug-Kösters:
Die Behandlung der Pulpa und des apikalen Parodontiums S. 69
Berlinische Verlagsanstalt 1959

(18) M. Strasser:
Weiterentwicklung der Racer-Methode
Anmerkung der Redaktion der Quintessenz (W. Drum)
Quintessenz Heft 3 Ref. 2075 vom März 1963

(19) H. Tschamer:
Experimentelle Untersuchungen über die Möglichkeiten, Grenzen und Probleme der mechanischen Wurzelkanalaufbereitung mit den gebräuchlichen Aufbereitungsinstrumenten unter besonderer Berücksichtigung der apikalen Verhältnisse
Zahnärztl. Welt/Zahnärztl. Reform Nr. 13 v. 10.7.1961 Jahrgang 62

(20) Walkhoff-Hess:
Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde S. 264
Verlag J. A. Barth Leipzig 1954

(21) Wannemacher. Hofer, Reichenbach, Spreter von Kreudenstein:
Lehrbuch der klinischen Zahnheilkunde, Band 2 S. 241
Verlag J. A. Barth Leipzig 1950

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Privatdozent Dr. Dr. W. Ketterl für die Überlassung des Themas und für die freundliche und bereitwillige Förderung meiner Arbeit. Frau Prof. Dr. Dr. Schug-Kösters danke ich für die Übernahme des Koreferats.

LEBENSLAUF

Am 15. September 1940 wurde ich als Tochter des Dipl.Ing., Reg.Bmstr. und Honorarprofessors an der Technischen Hochschule Stuttgart, Karl Bach aus Basel und seiner Ehefrau Maria, geb. Semelka aus Wien in Berlin geboren.
Von 1946 bis 1950 besuchte ich die Volksschule an der Gebelestraße und von 1950 bis 1952 die Mädchen-Oberrealschule München am St. Anna-Platz. Wegen Wohnungswechsels meiner Eltern ging ich dann, von 1952 bis 1955, zur Mädchen-Oberrealschule München Süd (damals an der Implerstraße) und machte danach die Aufnahmeprüfung in das Mädchen-Realgymnasium München West (damals am Winthirplatz), wo ich am 15. Juli 1959 mit dem Abitur abschloß.
Vom November 1959 an studierte ich in München an der Ludwig-Maximilians-Universität Zahnheilkunde. Am 17.8.1962 bestand ich hier das Physikum und am 27.7.1965 das Staatsexamen.